

ПРИМЕНЕНИЕ СПИРОТЕСТЕРА НА ОСНОВЕ СМАРТФОН-АППЛИКАЦИИ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕГКИХ

USE OF A SPIROTESTER BASED ON A SMARTPHONE APPLICATION FOR INDIVIDUAL DIGITAL DIAGNOSIS OF LUNG CONDITION

Михаил Козлов. Д-р, директор Института интеграции и профессиональной адаптации, Нетания, Израиль.
Kozlov Michail. Ph.D. Director of the Institute of Integration and Professional Adaptation. Netanya, Israel.
E-mail: 19mike19k@gmail.com tel.: +(972)527052460

Генрих Вургафт. М-р, эксперт Института интеграции и профессиональной адаптации, Нетания, Израиль.
Wurgaft Heinrich. Mr. Expert of the Institute of Integration and Professional Adaptation. Netanya, Israel.
E-mail: anry70.wu@gmail.com tel.: +(972)546475380

Аннотация. Многие эпидемии вирусных заболеваний сопровождаются поражением легких. При этом часто вялая и необнаруженная начальная фаза заболевания довольно быстро меняет свое развитие на очень агрессивное с трагическими последствиями. Массовый, дистанционный мониторинг и ранняя диагностика людей является ключевым подходом для решения этой проблемы. Важнейшим инструментом для выявления легочных заболеваний является спирометрия, которая стала золотым стандартом при измерении функции легких. Однако, имеющиеся спирометры используются в основном во врачебных кабинетах или лабораториях. В то же время имеются реальные запросы клинической практики на дистанционную спирометрию и индивидуальный контроль функционирования легких в домашних условиях. И, в частности, пандемия COVID-19 показала экстремально острый спрос на простые индивидуальные спирометры для такого контроля.

Исходя из значительной потребности в средствах массового контроля состояния здоровья, сопряженных с современными цифровыми системами здравоохранения с 2020г. наша группа ученых, инженеров и врачей начала работы по созданию смартфон-аппликации спиротестера (САС), используя которую можно дистанционно, в домашних условиях проводить индивидуальный, двух-тестовый контроль функционирования легких, при глубоком, длительном выдохе и форсированном выдохе [1],

В соответствии с методикой, принятой при спирометрических исследованиях [2,3], для САС было определено два тестовых применения. Первый тест – для исследования жизненной емкости легких. Второй тест связан с оценкой форсированной жизненной емкости легких и сопутствующих параметров.

В тесте исследования жизненной емкости легких при глубоком, длительном выдохе оценивается максимальный объем выдыхаемого воздуха – жизненная емкость легких, и длительность выдоха.

В тесте исследования форсированной жизненной емкости легких после максимально глубокого вдоха, делается максимально быстрый выдох и оценивается объем форсированного выдоха и длительность форсированного выдоха. По результатам тестирования определяются объем

форсированного выдоха за первую секунду (FEV_1) и индекс Тифеню–Пинели, как отношение FEV_1/FVC в % [4,5]. Величина FEV_1 и индекс Тифеню–Пинели являются одними из важнейших параметров диагностирования функции легких.

Для САС предусмотрена возможность работы в режимах относительных и абсолютных измерений. В режиме относительных измерений (индикатора) результаты объема выдоха представляются в относительных индивидуальных единицах, (RIU), рассчитываемых по отношению к образцовой индивидуальной величине. В режиме абсолютных измерений величина объема выдоха приводится в литрах. Для этого нужна индивидуальная калибровка, которая предусмотрена в функциях САС.

Поскольку в практике медицинских исследований функционирования легких важна оценка динамики изменений выбранных показателей функционирования легких, а абсолютные значения объема легких при текущем анализе бывают не важны, то режим индикатора САС оказывается удобным при сравнении текущих значений. И режим индикатора можно рекомендовать как основной режим САС для индивидуальной домашней оценки функционирования легких. Тем более, что он не требует индивидуальной калибровки.

На рис. 1 представлен результат измерений дыхательного маневра в виде графика потока выдоха в зависимости от времени с выводом значения объема выдыхаемого воздуха.

На рис.2 приведен результат измерений того же дыхательного маневра, представленного в виде принятого в практике спирометрии графика объема выдоха в зависимости от времени (спирограмма).

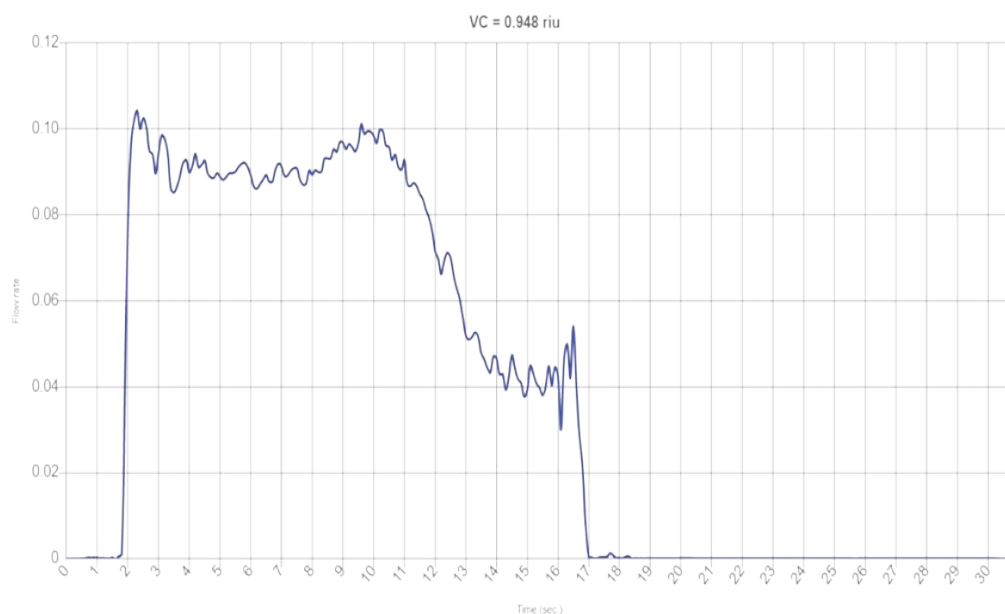


Рис. 1. График скорости потока глубокого выдоха в зависимости от времени

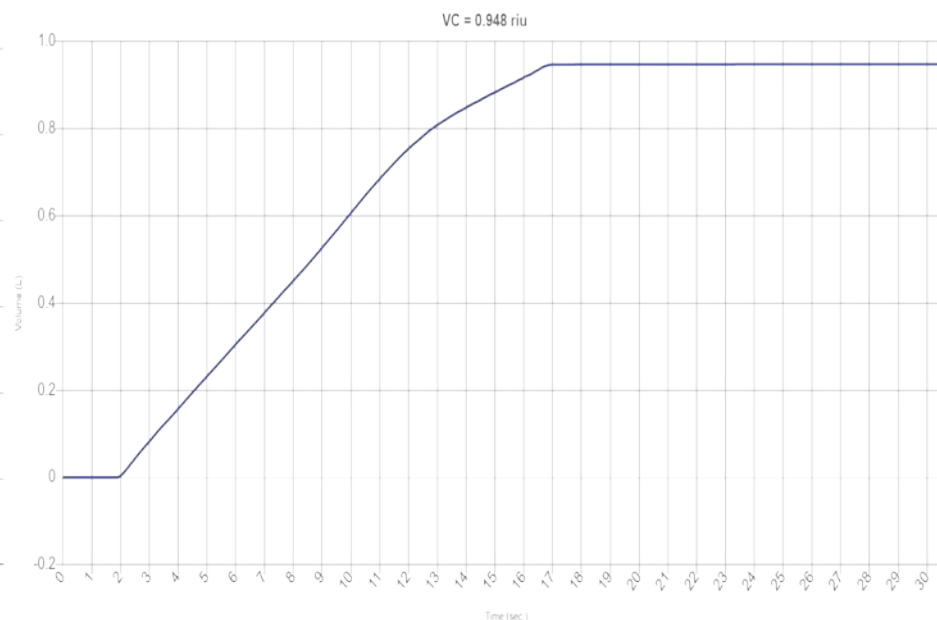


Рис. 2. Спирограмма глубокого выдоха

На рис.3 приведен результат измерений дыхательного маневра, представленный в виде графика потока форсированного выдоха в зависимости от времени. Также приводятся расчетные значения объема форсированного выдоха, объема воздуха, выдыхаемого за первую секунду, и отношение объема воздуха, выдыхаемого за первую секунду, к форсированной жизненной емкости легких в %.

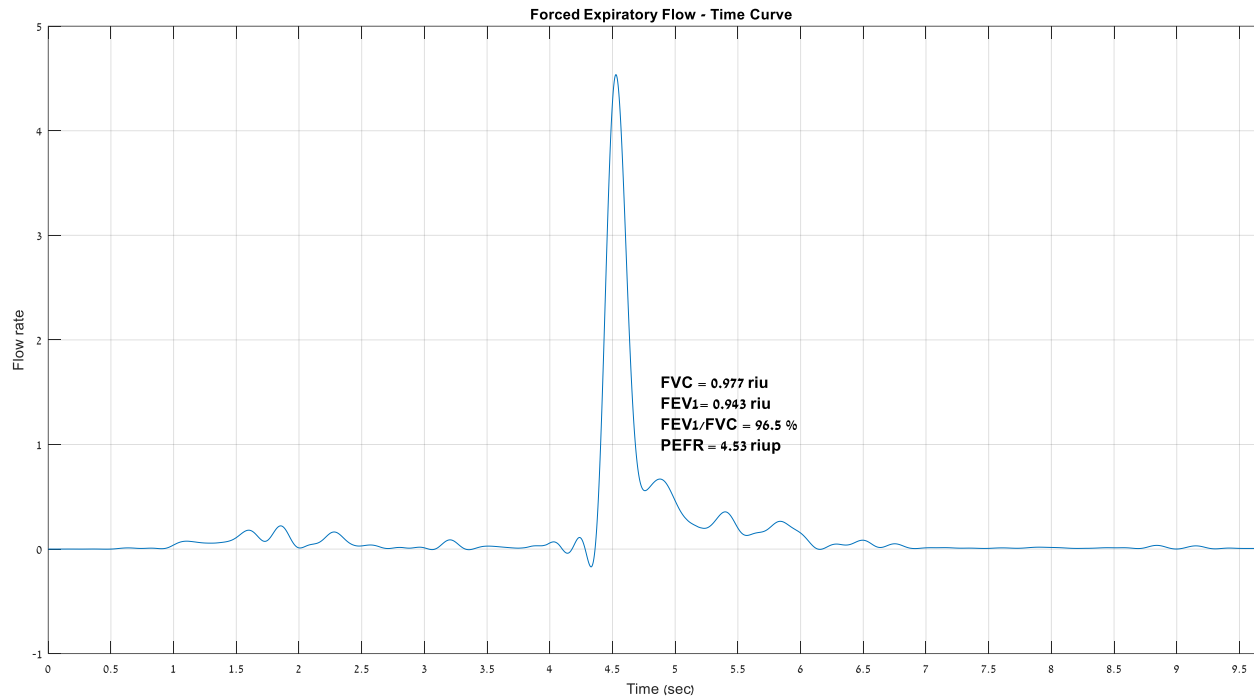


Рис.3. График скорости потока форсированного выдоха в зависимости от времени

На рис.4 приведены результаты измерений того же дыхательного маневра в виде принятых в практике спирометрии графика объема форсированного выдоха в зависимости от времени (спирограммы форсированного выдоха) и графика зависимости объема форсированного выдоха от скорости потока. На графике зависимости объема форсированного выдоха от скорости потока выдоха также приведены данные принятые в практике оценки состояния пациентов страдающих от бронхиальной астмы – PEFR - peak expiratory flow rate (пиковая скорость выдоха). По данным Американской ассоциации пульмонологов, пикфлоуметрию часто делят на 3 зоны измерения: зеленую, желтую и красную [6]. Зеленая зона от 80 до 100 процентов обычных или нормальных показаний пиковой скорости выдоха. Показание пикового потока в зеленой зоне указывает на то, что астма находится под хорошим контролем. Желтая зона от 50 до 79 процентов обычных или нормальных показаний пиковой скорости потока. Она указывает на то, что дыхательные пути сужены, и могут потребоваться дополнительные лекарства. Красная зона. Менее 50 процентов обычных или нормальных показаний пиковой скорости потока. Она указывает на неотложную медицинскую помощь.

Возможно серьезное сужение дыхательных путей, и необходимо принять немедленные меры. Обычно это связано с обращением к врачу или в больницу.

Приведенные на графике зависимости объема форсированного выдоха от скорости потока выдоха значения форсированного потока в середине выдоха (FEF25-75%) являются потенциально чувствительным маркером обструктивного периферического потока воздуха.

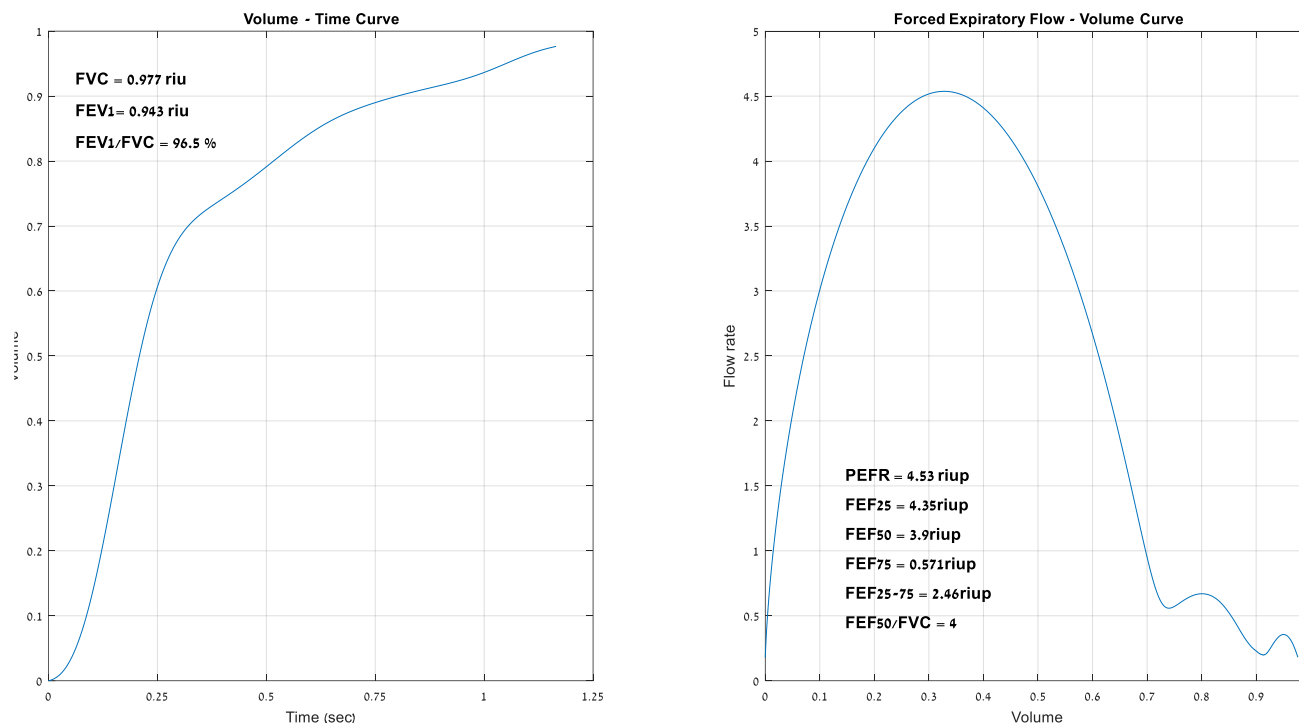


Рис.4. График объема форсированного выдоха в зависимости от времени и график зависимости объема форсированного выдоха от скорости потока выдоха

Для САС предусмотрено построение столбцовых графиков объемом выдоха для дней тестирования за выбранный временной период. Графики позволяют классифицировать результат тестирования, как относящийся к зеленой зоне (находящейся в диапазоне от 80 до 100% образцовой индивидуальной величины выдоха), желтой (от 50 до 80% образцовой индивидуальной величины) или красной зоне (менее 50% образцовой индивидуальной величины). Введение в САС функции формирования графиков, отображающих динамику изменения объема выдоха, позволяет решать важные задачи в первичной диагностике поражения легких, мониторинговании течения заболевания и оценки терапевтического эффекта. На рис.5 представлена выборка столбцовой диаграммы периодических измерений форсированной жизненной емкости легких в относительных

индивидуальных единиц по отношению к максимальной (образцовой) индивидуальной величине форсированной жизненной емкости легких.

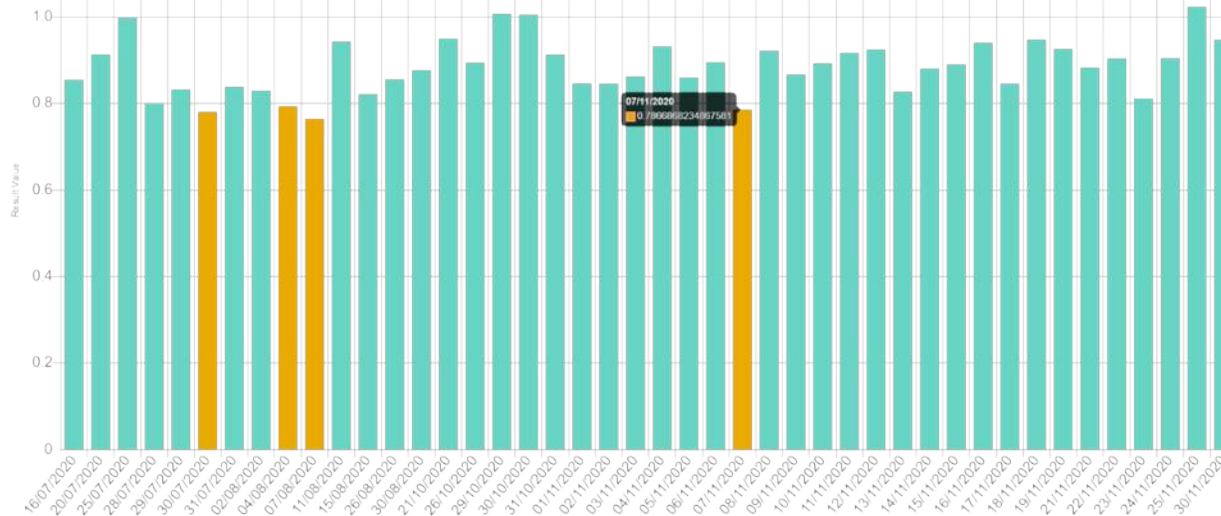


Рис.5. Столбцовая диаграмма измерений форсированной жизненной емкости легких

Выборка взята за 4 с половиной месяца тестирования. Как видно, относительная величина тестов форсированной жизненной емкости легких в основном находилась в зеленой зоне с четырьмя случаями попадания в желтую зону. Такая функция САС позволяет с помощью периодических тестов контролировать работу легких, и при больших отклонениях от образцовой величины обращаться к врачам. На рис.6 приведена условная столбцовая диаграмма, показывающая изменения объема выдоха при ухудшении работы легких.

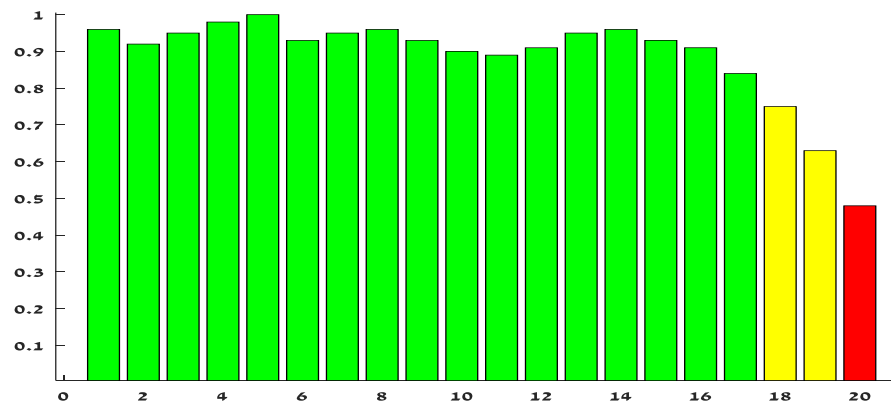


Рис 6. Столбцовая диаграмма изменения объема выдоха при ухудшении работы легких

В сочетании с другими симптомами значительное уменьшение объема выдыхаемого воздуха, может служить объективным признаком заболевания коронавирусом и развития пневмонии. Учитывая большую загруженность врачей и перегруженность больниц при пандемии, следует считать дистанционное, индивидуальное тестирование функционирования легких очень важным. Из проведенного анализа следует, что кроме разработанной нами САС, других простых и доступных к широкому применению устройств, работающих в двух тестовом режиме и позволяющих отслеживать динамику функционирования легких, пока нет.

Использование САС не связано с посещением пульмонологической лаборатории. Оно рассчитано в первую очередь для индивидуального контроля функционирования легких в домашних условиях. Эту особенность следует использовать для снижения разброса результатов тестов за счет уменьшения физиологической составляющей в таких отклонениях. Так, по результатам более 300 тестов было, в частности, выявлено, что наиболее устойчивые и максимальные значения при дыхательных маневрах получаются при проведении тестов утром до завтрака. Естественно, что в домашних условиях, выполнение таких периодических дыхательных маневров не создает особых проблем для каждого индивидуума. Кроме рассмотренного выше, имеется еще ряд психологических и физиологических факторов, которые могут оказать влияние на результаты дыхательных маневров.

В некоторых случаях дисфункция легких является важным индикатором проблем и сбоев в работе других органов и систем. Исследователями из Института сердца Медицинского центра Хадасса в Иерусалиме отмечается, что у пациентов с сердечной недостаточностью наблюдается нарушение функции легких [7]. Исходя из этого, ими было предложено персонализированное устройство для мониторинга сердечной недостаточности на основе анализа голоса с помощью приложения для смартфона. Для мониторинга состояния пациента предлагается производить 30-секундную запись голоса каждый день.

По нашему мнению, подобную процедуру мониторинга сердечной недостаточности можно производить с помощью САС. Для этого следует использовать режим тестирования при длительном выдохе с произнесением пациентом специально подобранной фонемы. Возможно, это позволит упростить и улучшить качество и надежность мониторинга для пациентов с сердечной недостаточностью.

По сравнению с индивидуальными устройствами, используемыми для тестирования пиковой скорости выдоха, САС по своим функциональным характеристикам близок к спироанализаторам [8]. Его применение расширяет возможности диагностики при анализе результатов глубокого и форсированного выдоха, позволяя измерять объем и длительность форсированного выдоха, а также ряд других параметров, связанных с зависимостью скорости потока от времени.

Учитывая простоту, удобство использования, широкие функциональные возможности и высокую чувствительность САС, а также минимальные затраты на установку приложения на смартфон, можно предположить, что САС найдет широкое применение для домашней функциональной диагностики легких, особенно при необходимости постоянного контроля. Это будет способствовать более эффективному использованию анализа показателей функционирования легких в оперативном выявлении заболеваний и их мониторингованию.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. М-р Генрих Вургафт, д-р Михаил Козлов, д-р Любовь Лернер (Израиль). Использование спиротестера на основе смартфон-аппликации в массовом дистанционном цифровом здравоохранении. 6-я Международная научно-практическая онлайн-конференция "Формирование комфортной среды Средиземноморья". 2-я часть заседания Секции 4. 15.12.2022г. <https://youtu.be/-kE3ZY4HqvQ>

2. GOLD Spirometry 2010 – Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. <https://goldcopd.org>
3. Ferguson G.T., Enright P.L., Buist A.S., Higgins M.W. Office spirometry for lung health assessment in adults: a consensus statement from the national lung health education program. *Chest* 2000; 117 (4): 1146-1161.
4. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. *Am Rev Respir Dis*, 1991.
5. *Current clinical medicine / Cleveland Clinic*; [edited by] William D. Carey. —2nd ed. Saunders.2010.
6. Measuring Your Peak Flow Rate. 30.03.2023. <https://www.lung.org> › devices
7. Henders E. Voice analysis by smartphone app detects lung congestion in heart failure patients. *News Medical Life Science*. Jun.19.2020.
8. Peak Expiratory Flow Rate. 9.03.2017. www.healthline.com › health › peak-expirat...